



UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE
United States Patent and Trademark Office
Address: COMMISSIONER FOR PATENTS
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450
www.uspto.gov

APPLICATION NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR	ATTORNEY DOCKET NO.	CONFIRMATION NO.
10/032,523	10/19/2001	Hong-Da Liu	64,600-079	6871
28970	7590	05/04/2005	EXAMINER	
PILLSBURY WINTHROP SHAW PITTMAN LLP 1650 TYSONS BOULEVARD MCLEAN, VA 22102			NGUYEN, HOAN C	
			ART UNIT	PAPER NUMBER
			2871	

DATE MAILED: 05/04/2005

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.



UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

U.S. Patent and Trademark Office

Address: COMMISSIONER FOR PATENTS

P.O. Box 1450

Alexandria, Virginia 22313-1450

10/032523

APPLICATION NO./ CONTROL NO.	FILING DATE	FIRST NAMED INVENTOR / PATENT IN REEXAMINATION	ATTORNEY DOCKET NO.
---------------------------------	-------------	---	---------------------

EXAMINER

ART UNIT	PAPER
----------	-------


0704

DATE MAILED:

Please find below and/or attached an Office communication concerning this application or proceeding.

Commissioner for Patents

The English Translation of JP61215522 is provided in Board Request.


ROBERT H. KIM
SUPERVISORY PATENT EXAMINER
TECHNOLOGY CENTER 2800

PRODUCTION OF LIQUID CRYSTAL APPARATUS

Patent Number: JP61215522
Publication date: 1986-09-25
Inventor(s): AKIMOTO KAZUHIKO; others: 01
Applicant(s): SHARP CORP
Requested Patent: ☐ JP61215522
Application Number: JP19850057091 19850320
Priority Number(s):
IPC Classification: G02F1/133; G09F9/35
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To obtain the titled apparatus having an excellent display quality by using a silicon oxide as a spacer material, thereby making $\leq 3\mu\text{m}$ a thickness of the liquid crystal layer and making an uniformity and ensuring a quick resposibility and a bistability of the titled apparatus.

CONSTITUTION: A spacer 8 having an uniform thickness of $\leq 3\mu\text{m}$ is formed on a whole surface of an electrosbstrate 3 in a discontinous form. The thickness (d) of the liquid crystal is limited by the thickness of the spacer 8. The spacer 8 composes of a photo-transmission film having an electro-insulating property such as a silicon oxide film of SiO_2 . A mask layer is formed on the electrode substrate 3 by a photoetching according to a pattern forming method, and then the silicon oxide film composed of SiO_2 is formed on the patterned part of the mask layer. The silicon oxide film has 1-3 μm the thickness and has an uniformity and also the photo-transmission property, and is suitable to use to the spacer material having the electroinsulating property.

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-215522

⑬ Int.Cl.⁴

G 02 F 1/133
G 09 F 9/35

識別記号

1 2 3

庁内整理番号

8205-2H
6810-5C

⑭ 公開 昭和61年(1986)9月25日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全5頁)

⑮ 発明の名称 液晶装置の製造方法

⑯ 特 願 昭60-57091

⑰ 出 願 昭60(1985)3月20日

⑱ 発 明 者 秋 元 一 彦 大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
⑲ 発 明 者 四 宮 時 彦 大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内
⑳ 出 願 人 シャープ株式会社 大阪市阿倍野区長池町22番22号
㉑ 代 理 人 弁理士 西教 圭一郎 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

液晶装置の製造方法

2. 特許請求の範囲

一対の相互に対向する電極基板の少なくともいずれか一方の表面にシリコン酸化物から成るスペーサを形成し、スペーサによって電極基板間の空間が規定され、この空間内に液晶が封入されていることを特徴とする液晶装置の製造方法。

3. 発明の詳細な説明

産業上の利用分野

本発明は、たとえば強誘電性を有する液晶を封入した光変調方式の液晶装置の製造方法に関する。

背景技術

従来からの液晶を用いた表示装置としては、ツイステッドネマティック電界効果型が一般的であり、電子式卓上計算機、デジタル式時計等に広く用いられている。しかし液晶材料、セル、駆動方法等の改良にも拘わらず、高速応性に欠け、最近特に注目されているテレビ画像表示、ポータブルコ

ンピュータの表示装置、光シャッター装置として用いられる場合にはその応答性に関する問題があった。

そこでこの応答性に関する問題を解決するため、強誘電性カイラルスノクティック液晶を用いた光変調方式の表示装置が用いられているが、一般にこのような強誘電性液晶物質の特徴であるノモリ性を得るためには、液晶層の厚みを1-3 μ mに確保することが必要とされる。ところが液晶層の厚みを規定するスペーサとしては、ガラス繊維、酸化アルミナ粉、ガラスおよびプラスチック製ビーズなどが従来から用いられており、このようなスペーサでは、通常5 μ m以上の厚みとなり、所望の1-3 μ mの寸法を得ることができない。またスペーサ寸法のばらつきに起因して、液晶層の厚さを均一に保つことは容易ではなかった。

発明が解決しようとする問題点

要約すれば、特に強誘電性液晶物を用いる光変調方式の表示装置において、従来のスペーサでは液晶層の厚みを3 μ m以下に確保することができず、またその厚みを均一に保つことができない。

したがって高応答性および安定性を確保することができなかった。

本発明の目的は、上述の技術的課題を解決し、液晶層の厚みを 3μ 以下とし、かつその厚みを均一化して高応答性および安定性を確保し、これによって表示品質の向上を図ることができるようにした液晶装置の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

本発明は、一対の相互に対向する電極基板の少なくともいずれか一方の表面にシリコン化合物から成るスペーサを形成し、スペーサによって電極基板間の空間が規定され、この空間内に液晶が封入されていることを特徴とする液晶装置の製造方法である。

作用

本発明に従えば、スペーサの材料としてシリコン化合物を用いるようにしたことによって、液晶層の厚さを 3μ 以下に確保することができ、しかもその厚み精度の向上を図ることができる。

している。いま、上下の電極基板2、3間に、一定の臨界電場以上の電界Eを印加すると、液晶分子10aの螺旋構造が解消されて、液晶分子10aは総て同一方向を向く。この液晶分子10aの配列は自発分極によるので、電界の向きE、-Eによって2つの配列方向を持つ。液晶分子10aは、細長い形状をしており、長軸方向と短軸方向で屈折率の異なる複屈折性を示すため、電極基板2、3の上下に偏光子11、12を直交配置することで、電界極性によってスイッチングを行なう光変調装置を得ることができる。この液晶分子10aの配列の変化は、層内での分子の向きが変わるだけであるので、ツイスト・ネマティック電界効果型のような層構造の変化を伴うものではなく、したがって高応答性を有するものである。

さらに、電界を印加しない定常状態においても、液晶分子10aの螺旋ピッチより液晶層の厚さdを薄くすることで、螺旋を解消することが可能である。この場合においても、液晶分子10aの配列方向は2方向を示し、安定性を有す。したがっ

実施例

第1図は、本発明に従う液晶装置1の断面図である。この光変調方式の液晶装置1は、2枚の電極基板2、3の相互に対向する面に透明電極4、5および配向処理が施された配向膜6、7を配置し、シール材9を介して相互に圧着し、シール材9によって規定されるセル空間内に強誘電性カイラルスノクティック液晶10を封入して構成される。一方の電極基板3上には、スペーサ8がパターン形成されており、このスペーサ8によって電極基板2、3間の液晶層の厚みdが規定される。透明基板2、3の外部両面側には、一対の偏光子11、12が配置されており、上下の透明電極4、5間の所定電圧の印加、解除によって、たとえば光シャッタ装置としての機能を果たすことができる。

第2図を参照して、強誘電性カイラルスノクティック液晶10の分子10aは、矢印aで示される螺旋軸方向に対して、チルト角度 θ だけ傾いて配列した螺旋構造を有している。この液晶分子10aは、個々の分子に直交した方向に自発分極を有

て電界Eを印加すれば、すべての液晶分子10aは螺旋軸方向aに対してチルト角 θ だけ傾斜した分子配列となり、第2図(2)に示されるような安定状態の配向を得ることができるが、電界を切ってもこの状態を維持し続ける。これに対して電界-Eを印加すると、すべての液晶分子10aは螺旋軸方向aに対してチルト角 $-\theta$ だけ傾斜した分子配列となり、第2図(2)に示されるような安定状態の配向を得ることができるが、電界を切ってもこの状態を維持し続ける。このように、液晶層の厚さdを薄くすることで、高応答性を得ると同時に、安定性を得ることができる。

以上の複屈折現象を利用した光変調方式では、第2図(2)における入射光強度 I_0 と透過光強度Iの関係は、第1式で示され、第2図(3)におけるその関係は第2式で示される。

$$I = 0 \quad \dots (1)$$

$$I = (I_0 / 2) \cdot (\sin^2 4\theta) \cdot (\sin^2 \pi \cdot (\Delta n \cdot d / \lambda)) \quad \dots (2)$$

ここで Δn は強誘電性カイラルスノクティック

液晶10の屈折率異方性を表わし、 d は強誘電性カイラルヌノクティック液晶層の厚みを表わし、 θ は強誘電性カイラルヌノクティック液晶10の螺旋ティルト角度を表わす。

上記強誘電性カイラルヌノクティック液晶10の例は、第1表に示されるとおりである。

(以下余白)

第2図(2)に示される状態を、その波長 λ が450nm, 550nmおよび650nmである場合についてプロットすると第3図に示されるようになり、 $\theta = \pi/8$ であるときの透過光強度 I は $\Delta n \cdot d$ と波長 λ に強く依存することが明らかである。したがって、可視光波長領域においては、 $\Delta n \cdot d$ は0.2~0.3の範囲に設定する必要があり、これによって色消きのない良好な表示素子を得ることができ。また、強誘電性カイラルヌノクティック液晶10の屈折率異方性 Δn は一般的に0.1~0.2程度であるので、液晶層の厚み d の値は1~3 μ mが最適である。加えて、双安定状態を得るためには、液晶層の厚み d の値を強誘電性カイラルヌノクティック液晶10の螺旋ピッチより小さくする必要があり、この点からも、液晶層の厚み d を1~3 μ mに選ぶのが適当であることが理解される。

第1表

p-decyloxybenzyliden-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(DOBAMBC)
p-octyloxybenzyliden-p'-amino-2-methylbutyl- α -chloro-cinnamate(OOBAMBC)
p-decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -cyano-cinnamate(DOBAMBC)
p-tetradecyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -cyano-cinnamate(TDOBAMBC)
p-hexyloxybenzylidene-p'-amino-2-chloro- α -propyl-cinnamate(HOBACPC)
p-octyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -methyl-cinnamate(OOBAMBC)
p-azoxy-cinnamate-ethyl-2-butanol(PACNB)
p-decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(DDOBAMBC)
p-octyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(COBAMBC)
p-hexyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(HOBAMBC)

第4図は、第1図の切断面線Ⅳ-Ⅳから見た断面図である。電極基板3上には、その全表面に亘って 3μ 以下の均一な厚みを有するスペーサ8が点在して形成される。このスペーサ8の厚みによって液晶層の厚みdが規定される。スペーサ8は、電気絶縁性を有する光透過膜、たとえば SiO_2 などのシリコン酸化膜から成る。

このようなスペーサ8のパターン形成を行なうにあたっては、その一例として、まず一方の電極基板3上にフォトリソグラフィングによってマスク層をパターン形成した後、蒸着法、スパッタリング、スピナー塗布法、CVD(化学気相成長)法などにより、 SiO_2 などから成るシリコン酸化膜をマスク層のパターニング部分に形成する。このシリコン酸化膜の厚みは $1\sim 3\mu$ (本実施例では 3μ とする)であり、それぞれ均一である。このシリコン酸化膜は光透過性を有し、かつ電気絶縁性を有するのでスペーサとしての材料に好適に用いられることができる。その後、マスク層のパターニング部分に形成されたシリコン酸化膜以外のマ

スク層を除去する。これによって第4図に示されるようなドット形状のシリコン酸化膜が複数個点在して形成されることとなる。

このように電極基板3上にシリコン酸化膜から成るスペーサ8をパターン形成した後は、配向膜7の配向処理を行なうとともに、その外縁部13に同方向に全周に亘ってエポキシ系接着剤などのシール材9を塗布する。その後、もう一方の配向処理が行なわれた電極基板2と重合わせ、シール材9によって相互に接着してセル空間を形成し、そのセル空間内に強誘電性カイラルスノクティック液晶を封入する。この液晶層の厚みdは、スペーサ8の厚みに等しく、したがって均一かつ 3μ 以下であるため、強誘電性カイラルスノクティック液晶10の高応答性および双安定性が確保されることとなる。したがって表示品質の優れた光変調方式の液晶装置を得ることができる。

スペーサ8の形状は、前述のようなドット形状に限定されず、たとえば長手形状であってもよい。またスペーサ8の数量、形状および配置パターン

はマスク層のパターニング形態によって任意に選ぶことができるので、液晶セルの種類に応じた設計、変更をきわめてスムーズに行なうことが可能である。

前記実施例では、シリコン酸化膜から成るスペーサ8を強誘電性カイラルスノクティック液晶を用いた光変調方式の液晶装置に用いたけれども、これに限定されず、ネマティック液晶などを用いた液晶装置に用いるような構成であってもよい。

効果

以上のように本発明によれば、スペーサの材料としてシリコン酸化膜を用いたことによって、液晶層の厚みを 3μ 以下に、かつ均一にすることができる。したがって高応答性および双安定性が確保され、表示品質の優れた液晶装置を得ることができる。

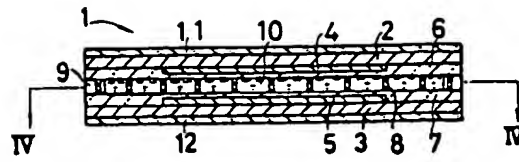
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に従う液晶装置1の断面図、第2図は液晶分子10を模式的に示した図、第3図は強誘電性カイラルスノクティック液晶10の

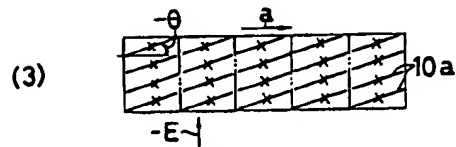
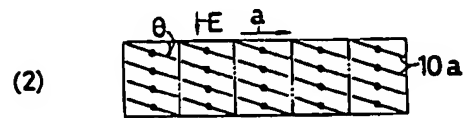
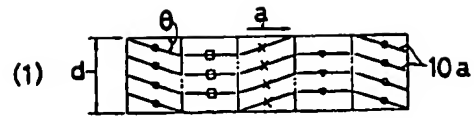
透過光強度Iを説明するための図、第4図は第1図の切断面線Ⅳ-Ⅳから見た断面図である。

1…液晶装置、2,3…電極基板、4,5…透明電極、8…スペーサ、10…強誘電性カイラルスノクティック液晶

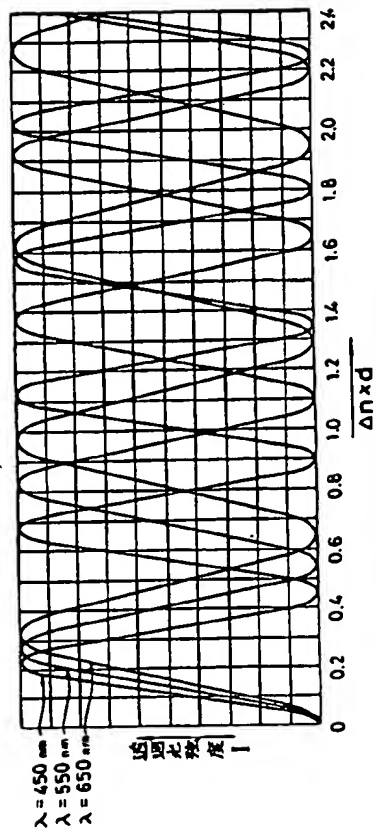
代理人 弁理士 西 敏 圭一郎



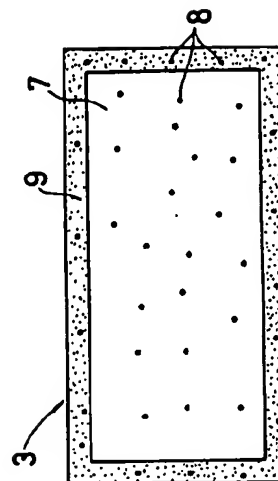
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図

PTO 05-3203

CY=JA DATE=19860925 KIND=A
PN=61-215522

METHOD FOR MANUFACTURING LIQUID CRYSTAL APPARATUS
[EKISHO SOCHI NO SEIZO HOHO]

Kazuhiko Akimoto, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. April 2005

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY	(19):	JP
DOCUMENT NUMBER	(11):	61215522
DOCUMENT KIND	(12):	A
PUBLICATION DATE	(43):	19860925
PUBLICATION DATE	(45):	
APPLICATION NUMBER	(21):	60057091
APPLICATION DATE	(22):	19850320
INTERNATIONAL CLASSIFICATION	(51):	G02F 1/133; G09F 9/35
DOMESTIC CLASSIFICATION	(52):	
PRIORITY COUNTRY	(33):	
PRIORITY NUMBER	(31):	
PRIORITY DATE	(32):	
INVENTOR	(72):	AKIMOTO, KAZUHIKO; SHINOMIYA, TOKIHIKO.
APPLICANT	(71):	SHARP CORP.
TITLE	(54):	METHOD FOR MANUFACTURING LIQUID CRYSTAL APARATUS
FOREIGN TITLE	[54A]:	EKISHO SOCHI NO SEIZO HOHO

Specifications

1. Title of the Invention

METHOD FOR MANUFACTURING LIQUID CRYSTAL APPARATUS

2. Claim(s)

A method for manufacturing a liquid crystal apparatus characterized by forming a spacer comprising a silicon oxide on at least either one of a pair of electrode substrates which face each other, with the space between the electrode substrates being regulated by the spacer and a liquid crystal being sealed in this space.

3. Detailed Specifications

Field of Industrial Application

The present invention relates to a method for manufacturing a liquid crystal apparatus for a light-modulating system in which, e.g., a liquid crystal having a ferroelectric property is sealed.

Background Art

Display apparatuses using liquid crystals in the past generally are twisted-nematic field effect-type displays, and are used widely in electronic desktop calculators or computers, digital watches, etc. However, despite improvements in liquid crystal materials, cells, drive methods, and the like, the high-speed responsiveness was poor, so there were problems with the responsiveness thereof when these materials used in particular for the latest display apparatuses, TV image displays, portable computer display apparatuses, and light shutter apparatuses.

Therefore, in order to solve the problems pertaining to this responsiveness, although light-modulating systems using ferroelectric

chiral smectic liquid crystals are used, it is necessary to keep the thickness of the liquid crystal layer at 1 to 3 μm to obtain memory, which is a feature of such a ferroelectric liquid crystal substance. However, glass fibers, aluminum oxide powder, glass, plastic beads, and the like have been used in the past for spacers used for regulating the thickness of a liquid crystal layer only, and such a spacer is usually 5 μm or greater, so the desired 1 to 3 μm dimensions cannot be obtained. Moreover, it was not easy to maintain the uniform thickness of a liquid crystal layer due to the dispersion in the spacer dimensions.

Problems to be Solved by the Invention

To summarize this, the thickness of the liquid crystal layer in the display apparatus for a light-modulating system using a ferroelectric liquid crystal in particular could not be maintained at 3 μm or less and that thickness could not be kept uniform. Therefore, the high-speed responsiveness and bistability could not be ensured.

An object of the present invention is to provide a method for manufacturing a liquid crystal apparatus so as to solve the aforementioned technical problems, make the thickness of the liquid crystal layer 3 μm or less, ensure the high-speed responsiveness and bistability by making the thickness thereof uniform, and thus, be able to engineer an improvement in display quality.

Means for Solving the Problems

The present invention is a method for manufacturing a liquid crystal apparatus characterized by forming a spacer comprising a silicon oxide on at least either one of a pair of electrode substrates which face each

other, with the space between the electrode substrates being regulated by the spacer and a liquid crystal being sealed in this space.

Effects

In accordance with the present invention, the thickness of the liquid crystal layer can be maintained at 3 μm or less by using a silicon oxide as the spacer material, and moreover, an improvement in the accuracy of the thickness thereof can be engineered.

Practical Examples

Figure 1 is a cross section of the liquid crystal apparatus 1. This liquid crystal apparatus 1 for a light-modulating system is composed by arranging mutually facing transparent electrodes 4 and 5 of two pairs of electrode substrates 2 and 3, and orientation films 6 and 7 which have been subjected to an orientation treatment, press-contacting them together via a sealing material 9, and sealing a ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10 in the cell space regulated by means of the sealing material 9. The pattern of a spacer 8 is formed on the one electrode substrate 3, and the thickness d of the liquid crystal layer between the electrode substrates 2 and 3 is regulated by means of this spacer 8. A pair of polarizers 11 and 12 are arranged on the outsides of the electrode substrates 2 and 3 to effect a function for, e.g., a light shutter apparatus by the impression or removal of a prescribed voltage across the upper and lower transparent electrodes 4 and 5.

In reference to Fig. 2, the molecule 10a of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10 has a spiral structure arranged at a tilt angle θ to the axial direction of the spiral shown by the arrow a. This liquid

crystal molecule 10a has a spontaneous polarization in the direction orthogonal to the individual molecules. Now, if an electric field E of a constant critical electric field is applied across the upper and lower electrode substrates 2 and 3, the spiral structure of the liquid crystal molecule 10a is eliminated, and the liquid crystal molecules 10a are oriented in entirely the same direction. Since the array of these liquid crystal molecules 10a is due to spontaneous polarization, there are two directions of arrangement according to the orientations E , to $-E$ of the electric field. The liquid crystal molecules 10a each have a long slender shape and exhibits birefringence with different refractive indexes in the major axial direction and axial direction of the spiral. Hence, by orthogonally arranging the polarizers 11 and 12 above and below the electrode substrates 2 and 3, a light-modulating apparatus, which performs switching according to the electric field polarity can be obtained. A change in the laminar structure of a twisted-nematic field effect-type display is not accompanied by a change in the array of these liquid crystal molecules 10a since the orientation of the molecules changes only. Therefore, there is high-speed responsiveness.

Furthermore, the spiral also can be eliminated by decreasing the thickness d of the liquid crystal layer according to the spiral pitch of the liquid crystal molecules 10a in a regular state in which an electric field is not applied. In this case, also, the direction of arrangement of the liquid crystal molecules 10a exhibits two directions and has bistability. Therefore, when the electric field E is applied, all of the liquid crystal molecules 10a are arrayed in a molecular array in which

they incline at a tilt angle of θ to the axial direction a of the spiral, and the orientation of a bistable state may be obtained, as shown in Figure 2(2). But this state continues to be maintained even if the electric field is turned off. Vis-à-vis, if an electric field $-E$ is applied, all of the liquid crystal molecules 10a are arranged in a molecular array in which they incline at a tilt angle $-\theta$ to the axial direction a of the spiral, and an arrangement in a stable state may be obtained, as shown in Figure 2(2). But this state continues to be maintained even if the electric field is turned off. Thus, by decreasing the thickness d of the liquid crystal layer, bistability can be obtained simultaneous to obtaining high-speed responsiveness.

According to the light-modulating system utilizing the above birefringence phenomenon, the relationship between the beam dose rate I_0 and the transmitted beam intensity I in Fig. 2(2) is shown by the 1st expression and the relationship thereof in Fig. 2(3) is shown by the 2nd expression.

$$I = 0 \quad \dots (1)$$

$$I = (I_0 / 2) \cdot (S_{1s}^2 + 4 \theta^2) \cdot (S_{1s}^2 + \dots (\Delta n \cdot d / \lambda)) \quad \dots (2)$$

Here, Δn represents the refractive index anisotropy of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10; d represents the thickness of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal layer; and θ represents the spiral tilt angle of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10.

The state shown in Fig. 2(2) is shown in Figure 3 as a case in which the wavelengths λ thereof are 450 nm, 550 nm, and 650 nm. It is seen

that the transmitted beam intensity I depends strongly on $\Delta n \cdot d$ and the wavelength λ when $\theta = \pi/8$. Therefore, in the visible light wavelength region, it is necessary to set the $\Delta n \cdot d$ in a range of 0.2 to 0.3. Thus, a satisfactory non-colored display element can be obtained. Moreover, the refractive index anisotropy Δn of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10 is generally about 0.1 to 0.2; hence, a value of 1 to 3 μm is most suitable for the thickness d of the liquid crystal layer. In addition, in order to obtain a bistable state, the value of the thickness d of the liquid crystal layer needs to be smaller than the spiral pitch of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10, and from this standpoint, it is understood that it is suitable to select a thickness d of 1 to 3 μm for the liquid crystal layer.

The above-mentioned example of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10 is as shown in Table 1.

Table 1

p-decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(DOBAMBC)
p-octyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -chloro-cinnamate(OOBAMBC)
p-decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -cyano-cinnamate(DOBAMBC)
p-tetradecyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -cyano-cinnamate(TDOBAMBC)
p-hexyloxybenzylidene-p'-amino-2-chloro- α -propyl-cinnamate(HOBACPC)
p-octyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl- α -methyl-cinnamate(OOBAMBC)
p-azoxy-cinnamate-methyl-2-butenol(PACMB)
p-decyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(DOBAMBC)
p-octyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(OOBAMBC)
p-hexyloxybenzylidene-p'-amino-2-methylbutyl-cinnamate(HOBAMBC)

Figure 4 is a cross section observed along the cut surface line IV-IV in Fig. 1. Spacers 8 having a uniform thickness of 2 μm or less over

its entire surface are formed dotted on the electrode substrate 3. The thickness d of the liquid crystal layer is regulated by the thickness of such spacers 8, which spacer 8 comprises a light-transmitting film, e.g., a silicon oxide film, such as SiO_2 , having an electrical insulating property.

While performing pattern formation of such a spacer 8, as one example thereof, a mask layer is first formed as a pattern on the one electrode substrate 3 by photoetching, and subsequently, a silicon oxide film comprising SiO_2 or the like is formed into the patterned part of the mask layer in a vapor deposition method, sputtering, spinner coating method, CVD (chemical vapor phase growth) method, etc. The thickness of this silicon oxide film is 1 to 3 μm (set to 3 μm in this practical example), and is uniform, respectively. This silicon oxide film can be used ideally as the material for the spacers because it has light transparency and electrical insulation property. After that, the mask layer outside the silicon oxide film formed in the patterned part of this mask layer is removed. Thus, the silicon oxide film having a dotted shape, as shown in Fig. 4, is formed as a plurality of dots.

The spacer 8 comprising a silicon oxide film is formed as a pattern on the electrode substrate 3 in this way, after which an orientation treatment of the through-hole 7 is performed, and also, a sealing material 9, such as an epoxy-based adhesive, is applied around the entire periphery of the peripheral portion 13 thereof. A cell space is subsequently formed by overlapping this on the other oriented electrode substrate 2 and adhering them to each other with the sealing material 9, and the ferroelectric

chiral smectic liquid crystal is sealed inside the cell space thereof. The thickness d of this liquid crystal layer is equivalent to the thickness of the spacer 8. Therefore, it is uniform and also $3\text{ }\mu\text{m}$ or less; hence, the high-speed responsiveness and the bistability of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10 are ensured. Therefore, a liquid crystal apparatus for a light-modulating system having an outstanding display quality can be obtained.

The shape of the spacer 8 is not limited to a dotted shape, as mentioned above; it can be, e.g., a longitudinal shape. Moreover, the quantity, shape, and arranged pattern of the spacers 8 can be selected arbitrarily according to the patterning mode for the mask layer; hence, the design and modifications can be performed very smoothly, depending on the type of liquid crystal cell.

In the aforesaid practical example, although a spacer 8 comprising a silicon oxide film was used in the liquid crystal apparatus for a light-modulating system using a ferroelectric chiral smectic liquid crystal, the liquid crystal apparatus is not limited to this, and a liquid crystal apparatus can be constituted using a smectic liquid crystal, etc.

Advantages of the Invention

According to the present invention as above, by forming a silicon oxide film as the material for the spacer, the thickness of the liquid crystal layer can be set uniformly to $3\text{ }\mu\text{m}$ or less. Therefore, the high-speed responsiveness and bistability are ensured, and a liquid crystal apparatus having an outstanding display quality can be obtained.

4. Brief Description of the Drawings

Figure 1 is a cross section of the liquid crystal apparatus 1 in accordance with the present invention; Figure 2 is a drawing schematically showing the liquid crystal molecules 10a; Figure 3 is a drawing for describing the transmitted beam intensity I of the ferroelectric chiral smectic liquid crystal 10; and Figure 4 is a cross section observed along the cut surface line IV-IV in Fig. 1.

1: liquid crystal apparatus; 2,3: electrode substrates; 4, 5: transparent electrodes; 8: spacer; 10: ferroelectric chiral smectic liquid crystal

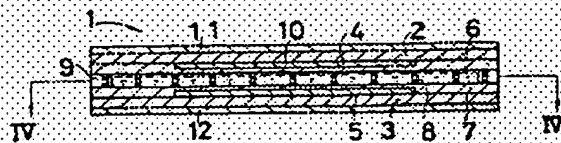


Figure 1

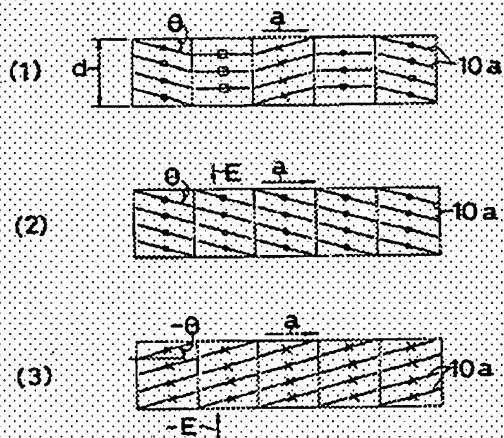


Figure 2

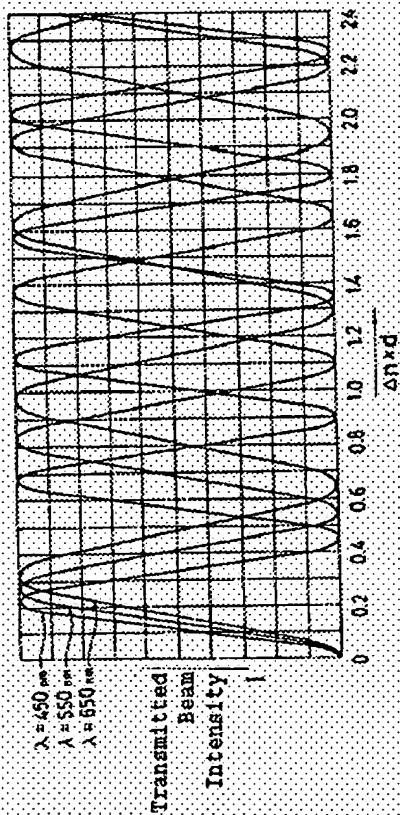


Figure 3



Figure 4